

556,909

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 novembre 2004 (25.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/102809 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H03L 1/02,
G04G 3/02, G04F 5/04, G01K 7/32

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : RUFFIEUX,
David [CH/CH]; En-Verdaux 22, CH-1728 Belfaux (CH).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/CH2004/000288

(22) Date de dépôt international : 12 mai 2004 (12.05.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0305834 15 mai 2003 (15.05.2003) FR

(74) Mandataire : BRULLIARD, Joël; c/o CSEM SA, Intellectual Property Service, Rue Jaquet-Droz 1, CH-2007 Neuchâtel (CH).

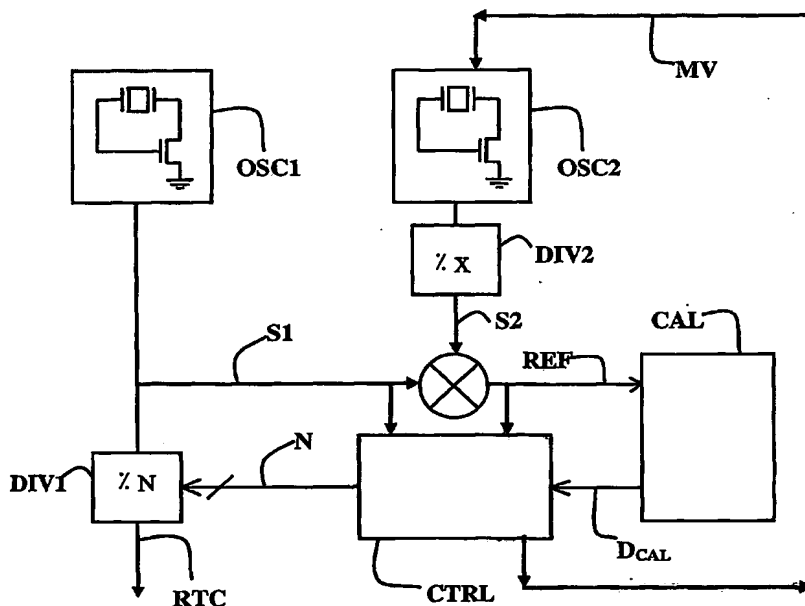
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
CSEM CENTRE SUISSE D'ELECTRONIQUE ET
DE MICROTECHNIQUE S.A. [CH/CH]; Centre Suisse
d'Electronique et de Microtechnique, SA, Rue Jaquet-Droz
1, CH-2007 Neuchâtel (CH).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: LAYOUT FOR A TIME BASE

(54) Titre : ARCHITECTURE POUR BASE DE TEMPS



(57) Abstract: The invention relates to a time base comprising two oscillators, the frequency of one of which is lower than the other, the latter being intermittently attenuated, generating a first time reference (REF) with the same intermittence, stable by difference between the frequencies of the two oscillators, a second permanent time reference (RTC) being obtained by division of the frequency of the oscillator with the lowest frequency and the factor for the division being a function of the pulses counted for the first oscillator (OSC1) during a time interval determined by the first stable time reference (REF).

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/102809 A1



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

(57) Abrégé : Base de temps comportant deux oscillateurs, dont l'un a une fréquence plus basse que l'autre, ce dernier étant mis en veille par intermittence, générant selon la même intermittence une première référence de temps (REF) stable par différence entre les fréquences des deux oscillateurs, une deuxième référence de temps (RTC) permanente étant obtenue par division de la fréquence de l'oscillateur ayant la plus faible fréquence et le facteur de division étant fonction des impulsions comptées pour le premier oscillateur (OSC1) pendant un intervalle de temps déterminé par la première référence de temps (REF) stable.

Architecture pour base de temps

L'invention concerne une architecture, notamment pour base de temps d'une pièce d'horlogerie, destinée à générer une référence de temps ainsi qu'un procédé de génération d'une référence de temps.

Dans le domaine de l'horlogerie se pose le problème de la précision des bases de temps présentes dans les pièces d'horlogerie et, plus particulièrement pour les chronomètres, celui de la correction du signal émis par un résonateur afin de compenser la dérive en fréquence, due à la température, de ce signal.

La plupart des bases de temps connues comportent un résonateur à 32kHz de type diapason dont la coupe est choisie de manière à annuler le coefficient thermique de premier ordre de la caractéristique thermique. On obtient ainsi un garde-temps avec une caractéristique thermique quadratique menant à une dérive de $-20\text{ppb}/^{\circ}\text{C}^2$. Toutefois, cette dérive est encore trop importante et ne permet pas d'obtenir une précision de la base de temps telle qu'une pièce d'horlogerie qui en est équipée puisse obtenir la mention de chronomètre, par exemple, selon les normes du Contrôle Officiel Suisse des Chronomètres (COSC).

Différentes solutions, pour réduire l'effet d'une telle dérive, ont été imaginées par les horlogers. Une première solution consiste à réaliser une compensation électronique par réglage d'inhibition faisant suite à une mesure de la température. Cette solution nécessite, toutefois, de disposer d'une mesure de température adéquate et de mettre en œuvre une étape de calibration initiale. Une autre solution est décrite dans le document intitulé « A microprocessor-based analog wristwatch chip with 3-seconds/year accuracy » par D. Lanfranchi, E. Dijkstra et D. Aebischer, CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique, ISSCC 1994. Ce document décrit une solution supposant l'utilisation d'un résonateur à quartz de coupe ZT avec des coefficients thermiques de premier et deuxième ordre nuls. Dans ce cas, un résonateur travaillant à fréquence élevée, de l'ordre de 2MHz, est utilisé comme référence de temps pour déterminer s'il y a dérive en fréquence d'un autre résonateur à quartz, moins précis et dont la fréquence est de l'ordre de 32kHz. Cette solution, toutefois, implique l'ajout d'un résonateur à quartz ZT à fréquence élevée, ce qui entraîne une forte consommation de l'ensemble. Pour remédier à ce problème de consommation importante, le quartz ZT est utilisé en combinaison avec un quartz à 32kHz moins précis mais permettant, par une mise en veille régulière de l'oscillateur utilisant le quartz ZT, d'atteindre une consommation moyenne très basse.

En fonction de l'inertie thermique de la pièce d'horlogerie, on rallume périodiquement, et pour un bref instant, la référence de temps plus précise pour synchroniser à nouveau les deux bases de temps. Toutefois, cette solution nécessite de disposer d'un résonateur de grande précision avec une fréquence très stable en température.

- 5 D'autre part, l'ajout d'un résonateur à quartz de type ZT entraîne un surcoût de fabrication et un encombrement indésirables.

Le document intitulé "Résonateurs intégrés et base de temps incorporant de tels résonateurs" et faisant l'objet d'une demande de brevet français déposée par la demanderesse le même jour que la présente demande, décrit une base de temps
10 comprenant deux résonateurs intégrés dans un substrat de silicium, exploitant des modes de résonance différents et oscillant à des fréquences différentes. Ces résonateurs présentent, chacun, une dérive en fréquence due à la température très importante. On constate que, dans les conditions de réalisation de ces résonateurs telles que décrites, la différence entre les signaux émis par les deux résonateurs
15 permet d'obtenir une référence de temps très précise, dont la dérive thermique est très faible. L'annulation du coefficient thermique de premier ordre est obtenue par différence entre les fréquences de ces deux résonateurs. La réduction du coefficient thermique du deuxième ordre est effectuée par une orientation appropriée des deux résonateurs dans leur substrat. Il est alors possible, sur la base de tels résonateurs,
20 de construire une base de temps stable en température et suffisamment précise pour envisager son application à des chronomètres. Toutefois, comme indiqué dans la demande précitée, les fréquences de tels résonateurs sont élevées, ce qui conduit là encore à une consommation de la base de temps trop importante pour des applications portables, telles les montres-bracelets.

25 L'objet de l'invention est donc de remédier aux inconvénients cités précédemment et notamment de fournir une architecture à base de résonateurs, dont la fréquence n'est pas forcément stable en température, comme les résonateurs en silicium, et permettant d'obtenir une base de temps précise et à faible consommation et ce, indépendamment des conditions thermiques environnantes.

30 L'invention a donc pour objet une architecture, notamment pour base de temps, dont le signal de sortie est destiné à constituer une référence de temps, comprenant

- un premier oscillateur comportant un résonateur en silicium de fréquence F_1 ,
- un deuxième oscillateur comportant un résonateur en silicium dont la
35 fréquence F_2 est différente de celle du premier oscillateur,

- des moyens pour générer, par différence entre le signal émis par le premier oscillateur et le signal émis par le deuxième oscillateur, une première référence de temps stable en température,

5 - des moyens pour déterminer la dérive en fréquence due à la température du signal émis par le premier oscillateur par comparaison du signal émis par le premier oscillateur avec la première référence de temps stable en température,

- des moyens de correction programmables qui, en fonction de la valeur de ladite dérive, divisent la fréquence du signal émis par le premier oscillateur et génèrent ledit signal de sortie formant une deuxième référence de temps stable en
10 température.

L'architecture selon l'invention peut en outre comporter les caractéristiques suivantes :

- l'architecture comprend des moyens pour compter, pendant une phase de comptage et pendant un nombre de cycles prédéterminé de la première référence de
15 temps, le nombre d'impulsions générées par le premier oscillateur, et

- l'architecture comprend des moyens pour déterminer ladite dérive en fréquence et commander lesdits moyens de correction programmables, en fonction dudit nombre d'impulsions décompté et dudit nombre de cycles de la première référence de temps pendant lequel on a autorisé le comptage.

20 - l'architecture comprend des moyens de mise en veille pour mettre en veille par intermittence le deuxième oscillateur et en ce que ladite phase de comptage se déroule pendant une phase d'activité du deuxième oscillateur.

- lesdits moyens de mise en veille comporte des moyens permettant de faire varier l'intervalle de temps entre deux réveils successifs, en fonction de la précision
25 souhaitée pour la deuxième référence de temps et/ou du nombre d'impulsions décompté pour le premier oscillateur lors de l'une au moins des phases de comptage précédentes.

- l'architecture comprend des moyens pour générer une information de température à partir du nombre d'impulsions générées par le premier oscillateur lors
30 de la phase de comptage.

- l'architecture comprend des moyens pour mémoriser des informations de calibration de la première référence de temps stable en température.

- les moyens de correction comportent un diviseur de fréquence programmable possédant une gamme de taux de division permettant de compenser

les dérives en fréquence du premier oscillateur dues à la température et/ou la précision absolue du premier oscillateur.

- le deuxième oscillateur comprend un résonateur en silicium, dont le coefficient thermique de premier ordre est dans un rapport $\lambda.F_1/F_2$ avec le coefficient thermique de premier ordre du premier oscillateur, et un diviseur de fréquence divisant la fréquence F_2 du signal émis par ce résonateur d'un facteur λ et générant le signal de sortie du deuxième oscillateur.

L'invention a également pour objet un procédé de génération d'un signal destiné à constituer une référence de temps comportant les étapes suivantes :

- génération d'une première fréquence par un premier oscillateur comportant un résonateur en silicium,
- génération d'une deuxième fréquence, différente de la première fréquence, par un deuxième oscillateur comportant un résonateur en silicium, le coefficient thermique de premier ordre du premier oscillateur étant sensiblement égal au coefficient thermique de premier ordre du deuxième oscillateur multiplié par le rapport $F_2 / \lambda.F_1$,
- génération d'une première référence de temps stable en température par différence entre le signal émis par le premier oscillateur et le signal émis par le deuxième oscillateur,
- détermination par comparaison du signal émis par le premier oscillateur avec la première référence de temps de la dérive en fréquence due à la température du signal émis par le premier oscillateur,
- correction, en fonction de la valeur de ladite dérive, de la fréquence du signal émis par le premier oscillateur pour générer ledit signal de sortie formant une deuxième référence de temps.

L'invention tire profit de ces caractéristiques afin de générer, de façon simple, à partir de résonateurs en silicium, une référence de temps suffisamment précise pour pouvoir répondre aux exigences du COSC. En particulier, l'invention ne nécessite pas l'utilisation de résonateurs de grande précision, ni très stables en température tels que les résonateurs à quartz ZT, qui peuvent être coûteux ou augmenter l'encombrement et la complexité de fabrication de la base de temps. En outre, une réalisation à base de résonateurs en silicium permet d'envisager l'utilisation du dispositif selon l'invention dans des applications variées, notamment celles utilisant déjà des circuits intégrés à base de silicium comme, par exemple, les

ordinateurs de poche, assistants personnels ou autres dispositifs électroniques de dimensions réduites.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 est un schéma de principe d'une base de temps telle que décrite dans la demande parallèle précitée;
- la figure 2 est un schéma de principe d'une base de temps selon l'invention,
- la figure 3 est un organigramme décrivant le fonctionnement du bloc de commande CTRL compris dans l'architecture suivant l'invention.

La figure 1 représente un schéma de principe d'une base de temps utilisant la différence de fréquence des signaux issus de deux oscillateurs comprenant chacun un résonateur en silicium. Sur cette figure, le premier oscillateur OSC1 fonctionne à une fréquence plus basse que l'oscillateur OSC2. En sortie du deuxième oscillateur se trouve un diviseur de fréquence DIV2, associé au deuxième oscillateur OSC2 et réalisant une division de fréquence par un nombre entier λ . La différence de fréquence entre le signal S1 issu du premier oscillateur OSC1 et le signal S2 issu du deuxième oscillateur OSC2, après division de la fréquence par un facteur λ , constitue une référence de temps REF dont la fréquence est stable, si le rapport entre les fréquences est l'inverse du rapport de leur coefficient thermique du premier ordre.

Comme décrit dans la demande parallèle précitée, si les deux oscillateurs OSC1, OSC2 sont choisis de manière à satisfaire la condition précédente, on obtient une annulation du coefficient thermique de premier ordre pour la référence de temps REF et donc, une différence de fréquence stable bien que chacun des deux oscillateurs présente une importante dérive thermique.

En effet, si la fréquence F_1 du premier oscillateur OSC1 est, en première approximation, telle que :

$$F_1(\Delta T) = F_{10} * (1 + \alpha_1 * \Delta T)$$

ΔT étant une variation de température, α_1 le coefficient thermique de premier ordre de l'oscillateur OSC1 et F_{10} sa fréquence propre,

et si la fréquence F_2 du deuxième oscillateur OSC2 est, en première approximation, telle que :

$$F_2(\Delta T) = F_{20} * (1 + \alpha_2 * \Delta T)$$

α_2 étant le coefficient thermique de premier ordre de l'oscillateur OSC2 et F_{20} sa fréquence propre et qu'en outre, la condition suivante est satisfaite :

$$\lambda * \alpha_1 * F_{10} = \alpha_2 * F_{20}$$

alors, après division de la fréquence du deuxième oscillateur OSC2 par un
5 facteur λ , on obtient une fréquence F'_2 telle que:

$$F'_2(\Delta T) = F_2(\Delta T) / \lambda = (F_{20} / \lambda) * (1 + \alpha_2 * \Delta T) = (F_{10} * \alpha_1 / \alpha_2)(1 + \alpha_2 * \Delta T).$$

En outre, par différence entre F'_2 et F_1 on obtient une fréquence F_R telle que

$$F_R(\Delta T) = F'_2(\Delta T) - F_1(\Delta T) = F_{10} * (\alpha_1 - \alpha_2) / \alpha_2$$

c'est-à-dire, en négligeant les coefficients thermiques d'ordres supérieurs,
10 une fréquence indépendante de la température, qui est celle de la référence de temps REF. Comme indiqué précédemment, la demande précitée prévoit également des moyens pour annuler, ou réduire fortement, le coefficient thermique de deuxième ordre de la différence de fréquence F_R .

La figure 2 représente schématiquement une architecture, notamment pour
15 base de temps, utilisant le principe qui vient d'être évoqué. L'architecture comprend un premier oscillateur OSC1 qui fonctionne à une fréquence plus basse qu'un deuxième oscillateur OSC2. Des moyens de correction programmables agissent sur la sortie du premier oscillateur OSC1, effectuant une division programmable de la fréquence du signal S1 émis par le premier oscillateur OSC1 et générant ainsi la
20 référence de temps RTC de sortie de la base de temps. Les moyens de correction programmables sont réalisés, selon l'exemple de la figure 2, par un diviseur programmable effectuant une division de fréquence par un facteur N sur le signal S1 émis par le premier oscillateur.

Un deuxième diviseur DIV2, agit sur la sortie du deuxième oscillateur OSC2,
25 effectuant une division de fréquence par un nombre entier λ et générant un signal S2 dont la différence avec la sortie S1 du premier oscillateur OSC1 forme une première référence de temps REF. Comme expliqué précédemment, on choisit les oscillateurs de manière à ce qu'au moins le coefficient thermique de premier ordre du signal REF soit nul. De cette façon, la fréquence de la première référence de temps REF est
30 stable en température.

La base de temps selon l'invention comporte, en outre, un bloc de calibration CAL utilisé lors d'une phase initiale de calibration et qui, en fonctionnement normal hors de cette phase de calibration, sert de moyen de stockage des données issues de la calibration.

Ce bloc de calibration CAL est relié à un bloc de commande CTRL dont le rôle est de commander le diviseur programmable DIV1 relié au premier oscillateur OSC1 à faible consommation. Ce bloc de commande utilise dans ce but le signal S1 généré par le premier oscillateur OSC1, le signal de la référence stable REF et les données D_{CAL} stockées dans le bloc de calibration et issues de la phase de calibration. D'autre part, ce bloc de commande CTRL génère des signaux MV de commande permettant de mettre en veille ou, au contraire, de réveiller l'oscillateur OSC2, l'oscillateur OSC1 fonctionnant, quant à lui, en permanence.

Le principe de fonctionnement de cette architecture et les différentes variantes de réalisation sont donnés plus en détail ci-dessous.

Le bloc de calibration CAL contient en mémoire une valeur de la fréquence de la référence stable REF. Cette valeur est obtenue lors d'une phase de calibration initiale pendant laquelle on compare cette référence stable avec une référence extérieure très précise. Pour cela, on peut par exemple mesurer le temps nécessaire par rapport à cette référence extérieure pour compter un nombre d'impulsions donné de la référence stable REF, nombre égal à 10^6 , par exemple, pour obtenir une précision du ppm (10^{-6}). La valeur de la fréquence de la référence stable REF est alors obtenue en faisant le rapport entre le nombre d'impulsions compté et la durée de calibration mesurée au moyen de la référence extérieure. Ainsi, si la durée de calibration est de 1,872s, la fréquence de la référence stable sera de $10^6/1,872 = 0,534$ MHz. En fonction de la précision souhaitée sur la mesure, le nombre d'impulsions pourra être plus élevé, mais le temps de calibration en sera proportionnellement plus grand.

La valeur de la fréquence de la référence stable REF obtenue par calibration est mémorisée dans le bloc de calibration CAL, par exemple avec une précision de l'ordre du ppm. La calibration initiale peut se faire à température ambiante sans nuire à la précision de la mesure car la dérive en température de la référence stable REF est très faible. La valeur de cette fréquence de référence est stockée de manière non volatile dans le bloc de calibration CAL, de façon à être disponible lors du fonctionnement normal hors calibration de la base de temps.

Le bloc de commande CTRL utilise cette information de calibration pour générer à partir du signal S1 de sortie du premier oscillateur OSC1 et du signal de référence stable REF, un signal de commande commandant lesdits moyens de correction. Dans l'exemple de la figure 2, ce signal de commande permet d'ajuster le

facteur de division N du premier diviseur programmable DIV1 agissant sur la sortie du premier oscillateur OSC1.

La détermination de ce signal de commande est décrite par l'organigramme de la figure 3. Sur cet organigramme se déroule une phase de comptage pendant laquelle a lieu, en parallèle, un comptage des impulsions du signal S1 émis par le premier oscillateur OSC1 et un comptage des impulsions de la référence stable REF.

Le processus de détermination commence lorsque, à l'étape 30, on réveille le deuxième oscillateur OSC2 au moyen d'un signal MV de réveil généré par le bloc de commande CTRL. La référence stable REF est alors disponible pour les phases suivantes. Suit une étape de réinitialisation 20 pendant laquelle on remet à zéro la valeur du compteur N_R comptant les impulsions de la référence stable REF, on met à la valeur NON un drapeau Fin indicateur de la fin de la phase de comptage et on remet à zéro la valeur du compteur N_I comptant les impulsions du signal S1 émis par le premier oscillateur OSC1.

La valeur du compteur N_R est incrémentée à l'étape 21 lorsque, après un temps de latence (étape 22) correspondant à la période de la référence stable REF, on constate après comparaison à l'étape 23 que la valeur du compteur N_R reste inférieure à une valeur M prédéterminée. La valeur M correspond ainsi au nombre d'impulsions de la référence stable REF définissant la durée de la phase de comptage. Lorsque la valeur du compteur N_R atteint la valeur M, le processus de comptage des impulsions de la référence stable REF s'arrête à l'étape 24 où on met à la valeur OUI le drapeau Fin, ce qui signale la fin de la phase de comptage. Lorsque la phase de comptage se termine à l'étape 24, on remet en veille à l'étape 31 le deuxième oscillateur OSC2 en générant un signal MV de mise en veille du deuxième oscillateur OSC2.

Pendant que se déroulent les étapes 21, 22 et 23 qui viennent d'être décrites, la valeur du compteur N_I est incrémentée à l'étape 11, lorsque après un temps de latence (étape 12) correspondant à la période du signal S1, on détecte, par examen de la valeur du drapeau Fin, que la phase de comptage n'est pas terminée.

Si au contraire le drapeau Fin, de par sa valeur, indique que la phase de comptage est terminée, on détermine alors à l'étape 33 la valeur du facteur N de division destiné à programmer le diviseur DIV1 comme étant le nombre N_I d'impulsions de l'oscillateur à faible consommation tel que décompté, multiplié par la valeur de la référence de fréquence obtenue par calibration initiale F_R et divisé par le nombre de cycles M de la référence de fréquence pendant lequel on a autorisé le

comptage. On obtient donc en sortie du diviseur programmable un signal de fréquence $F'1$ telle que :

$$F'1 = F1 / N = (F1 / N1) * (M / FR)$$

c'est-à-dire un signal de fréquence 1Hz, donnant donc la seconde.

5 Si maintenant la fréquence instantanée $F1$ du premier oscillateur OSC1 augmente, c'est-à-dire que le nombre d'impulsions $N1$ décompté augmente, la valeur du facteur de division N appliqué au diviseur DIV1 sera proportionnellement plus élevée. Après une telle programmation du premier diviseur DIV1 avec ladite valeur, la référence de temps RTC en sortie du dispositif est ainsi réajustée.

10 Le nombre prédéterminé M d'impulsions pour la référence stable REF est choisi de façon à compter par exemple environ un million d'impulsions sur le premier oscillateur OSC1. Ce nombre d'impulsions doit être ajusté en fonction de la précision souhaitée pour la base de temps. Plus il est élevé et plus la précision obtenue sera grande, mais plus la consommation moyenne du dispositif sera élevée.

15 De manière à réduire la consommation du dispositif selon l'invention, seul l'oscillateur OSC1 travaillant à la fréquence la plus basse est excité en permanence. Selon un mode de réalisation avantageux, le deuxième oscillateur OSC2 est mis en veille par intermittence. La référence stable REF est donc disponible uniquement dans le mode de fonctionnement où l'oscillateur OSC2 est réveillé.

20 Ceci permet d'obtenir une réduction sensible de la consommation du dispositif. Avec une fréquence de l'oscillateur à faible consommation proche du MHz et une différence de fréquence de l'ordre de 100kHz, il faut compter dix secondes de calibration initiale pour obtenir la référence de fréquence stable REF, mais une seule seconde pour arriver à un comptage d'un million de cycles de l'oscillateur OSC1
25 alimenté en permanence. On obtient une base de temps avec la seconde précise au ppm.

Avec le dispositif selon l'invention, c'est l'inertie thermique de l'équipement dans lequel il est monté, par exemple une pièce d'horlogerie, qui va déterminer le taux de réveil de l'oscillateur à haute fréquence. Du fait de la valeur élevée de la
30 dérive thermique d'un résonateur (de l'ordre de 30ppm/°C), le réajustement du facteur de division N doit intervenir au minimum chaque dixième de degré lors d'une variation de température. Avec une inertie de l'ordre de 1°C/min, il faut donc réveiller l'oscillateur à fréquence plus élevée OSC2 chaque 6s pour une durée de 1s, réduisant ainsi la consommation nécessaire au fonctionnement de l'ensemble d'un

facteur 6, par rapport à un dispositif dans lequel les deux oscillateurs fonctionneraient en permanence.

La précision de fabrication du résonateur donne une référence de fréquence absolue précise à $\pm 0.05\%$. Une dérive de $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ sur une gamme de température de $\pm 15^\circ\text{C}$ produit également une dérive totale du même ordre. Si donc, on utilise un diviseur programmable DIV1 capable de générer un taux de division compris entre 99.9% et 100.1% de la valeur de la fréquence de l'oscillateur OSC1 alimenté en permanence, on peut compenser d'un seul coup la précision absolue et les variations thermiques sans procéder à un quelconque ajustage préalable des résonateurs.

Par ailleurs, du fait qu'on dispose d'une référence de temps REF stable en température et d'un signal issu du premier oscillateur OSC1 présentant une bonne linéarité à la température (si on néglige l'effet du coefficient thermique de deuxième ordre), la valeur de la fréquence du premier oscillateur OSC1 connecté en permanence devient une indication directe de la température des oscillateurs et ce, avec une bonne linéarité, sous forme numérique et avec une précision de l'ordre du $1/30^{\text{ème}}$ de $^\circ\text{C}$.

Dans ce cas il est nécessaire de mesurer lors de la phase de calibration la température T_0 initiale et de décompter pour cette température le nombre d'impulsions N_{10} du premier oscillateur OSC1 pendant le nombre d'impulsions M prédéterminé. Cette procédure de décomptage est identique à la phase de comptage décrite précédemment, utilisée hors phase de calibration, en mode de fonctionnement normal. Ces valeurs initiales T_0 et N_{10} seront stockées dans le bloc de calibration, comme la fréquence de la référence F_R , de manière non volatile. En fonctionnement normal, la température sera alors réévaluée, après chaque phase de comptage, à partir du nombre d'impulsions N_1 du signal S1 issu du premier oscillateur, en fonction du nombre N_1 obtenu et selon la formule :

$$T = T_0 + (N_1 - N_{10}) / (N_{10} * \alpha_1)$$

Avantageusement, le bloc de commande CTRL comprend donc des moyens pour déterminer l'écart de température $\Delta T = T - T_0$ et générer, selon l'étape 35, représentée en trait pointillé sur la figure 3, la valeur de cet écart de température selon la formule :

$$\Delta T = (N_1 - N_{10}) / (N_{10} * \alpha_1).$$

Il résulte de ces considérations une multitude de variantes d'application de l'invention qui vont, soit tirer profit de cette information de température pour elle-même en l'exploitant dans une application de type thermomètre, soit simplement tirer

profit de cette information pour réguler au mieux la durée des phases de mise en veille/activité de l'oscillateur OSC2 et donc ainsi permettre de réduire au maximum la consommation du dispositif selon l'invention.

5 Ainsi selon le diagramme de la figure 3, l'intervalle de temps s'écoulant entre une mise en veille et le réveil suivant est déterminé par un temps de latence (étape 32) d'une valeur τ_v qui correspond à un nombre d'impulsions du signal S1 issu du premier oscillateur OSC1. Cette valeur pourra être fixe et, dans ce cas, déterminée en fonction de la précision souhaitée sur la référence de temps RTC et de la dérive thermique maximale possible. Cette valeur pourra aussi être déterminée après
10 chaque phase de comptage, par exemple par une méthode de prédiction linéaire sur la dérive en fréquence mesurée par le facteur de correction N ou plus directement, selon l'exemple suggéré sur la figure 3 par l'étape 40, à partir de la valeur N_1 tel que décomptée suite à l'étape 13.

En conclusion l'invention qui vient d'être décrite peut non seulement être
15 utilisée dans la réalisation de bases de temps mais également dans toute application de type thermomètre nécessitant une grande précision.

REVENDICATIONS

1. Architecture, dont le signal de sortie est destiné à constituer une référence de temps, comprenant
 - un premier oscillateur (OSC1) comportant un résonateur en silicium de fréquence F_1 ,
 - 5 - un deuxième oscillateur (OSC2) comportant un résonateur en silicium dont la fréquence F_2 est différente de celle du premier oscillateur (OSC1),
 - des moyens pour générer, par différence entre le signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1) et le signal (S2) émis par le deuxième oscillateur (OSC2), une première référence de temps (REF) stable en température,
 - 10 - des moyens (CTRL) pour déterminer la dérive en fréquence due à la température du signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1) par comparaison du signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1) avec la première référence de temps (REF) stable en température,
 - des moyens de correction (DIV1) programmables qui, en fonction de la valeur de ladite dérive, divisent la fréquence du signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1) et génèrent ledit signal de sortie formant une deuxième référence de temps (RTC) stable en température.
 - 15
2. Architecture selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend :
 - des moyens (10, 11, 12, 13) pour compter, pendant une phase de comptage et pendant un nombre de cycles (M) prédéterminé de la première référence de temps (REF), le nombre d'impulsions (N1) générées par le premier oscillateur (OSC1), et
 - 20 - des moyens (33) pour déterminer ladite dérive en fréquence et commander lesdits moyens de correction programmables, en fonction dudit nombre d'impulsions (N1) décompté et dudit nombre de cycles (M) de la première référence de temps (REF) pendant lequel on a autorisé le comptage.
 - 25

3. Architecture selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de mise en veille (MV) pour mettre en veille par intermittence le deuxième oscillateur (OSC2) et en ce que ladite phase de comptage se déroule pendant une phase d'activité du deuxième oscillateur (OSC2).
- 5 4. Architecture selon la revendication 3, caractérisée en ce que lesdits moyens de mise en veille (MV) comporte des moyens permettant de faire varier l'intervalle de temps entre deux réveils successifs, en fonction de la précision souhaitée pour la deuxième référence de temps (RTC) et/ou du nombre d'impulsions (N_1) décompté pour le premier oscillateur (OSC1) lors de l'une au moins des phases de comptage
10 précédentes.
5. Architecture selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens pour générer une information de température à partir du nombre d'impulsions (N_1) générées par le premier oscillateur (OSC1) lors de la phase de comptage.
- 15 6. Architecture selon une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens pour mémoriser des informations de calibration de la première référence de temps (REF) stable en température.
7. Architecture selon une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que les moyens de correction comportent un diviseur de fréquence programmable possédant une
20 gamme de taux de division permettant de compenser les dérives en fréquence du premier oscillateur (OSC1) dues à la température et/ou la précision absolue du premier oscillateur (OSC1).
8. Architecture selon une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que le deuxième oscillateur (OSC2) comprend un résonateur en silicium, dont le coefficient thermique de premier ordre est dans un rapport $\lambda \cdot F_1/F_2$ avec le coefficient thermique de premier ordre du premier oscillateur (OSC1), et un diviseur de fréquence divisant
25 la fréquence F_2 du signal émis par ce résonateur d'un facteur λ et générant le signal de sortie du deuxième oscillateur (OSC2).
9. Base de temps comportant une architecture selon l'une des revendications 1 à 8.
- 30 10. Thermomètre comportant une architecture selon l'une des revendications 1 à 8.

11. Pièce d'horlogerie comportant une architecture selon l'une des revendications 1 à 8.
12. Procédé de génération d'un signal destiné à constituer une référence de temps comportant les étapes suivantes :
 - 5 - génération d'une première fréquence par un premier oscillateur (OSC1) comportant un résonateur en silicium,
 - génération d'une deuxième fréquence, différente de la première fréquence, par un deuxième oscillateur (OSC2) comportant un résonateur en silicium,
 - 10 - génération d'une première référence de temps (REF) stable en température par différence entre le signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1) et le signal (S2) émis par le deuxième oscillateur (OSC2),
 - détermination par comparaison du signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1) avec la première référence de temps (REF) de la dérive en fréquence due à la température du signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1),
 - 15 - correction, en fonction de la valeur de ladite dérive, de la fréquence du signal (S1) émis par le premier oscillateur (OSC1) pour générer ledit signal de sortie formant une deuxième référence de temps (RTC).

1 / 2

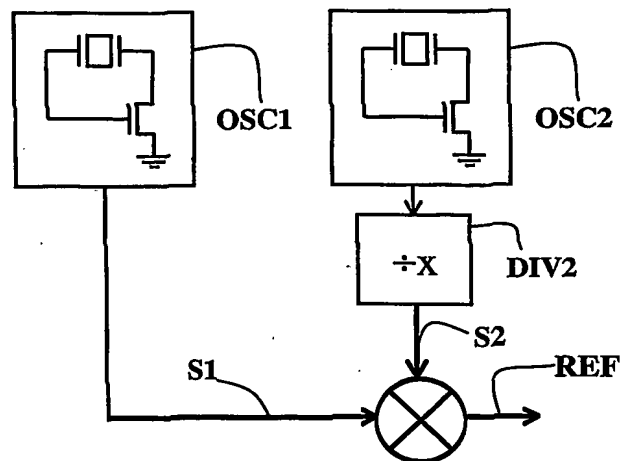


Fig. 1

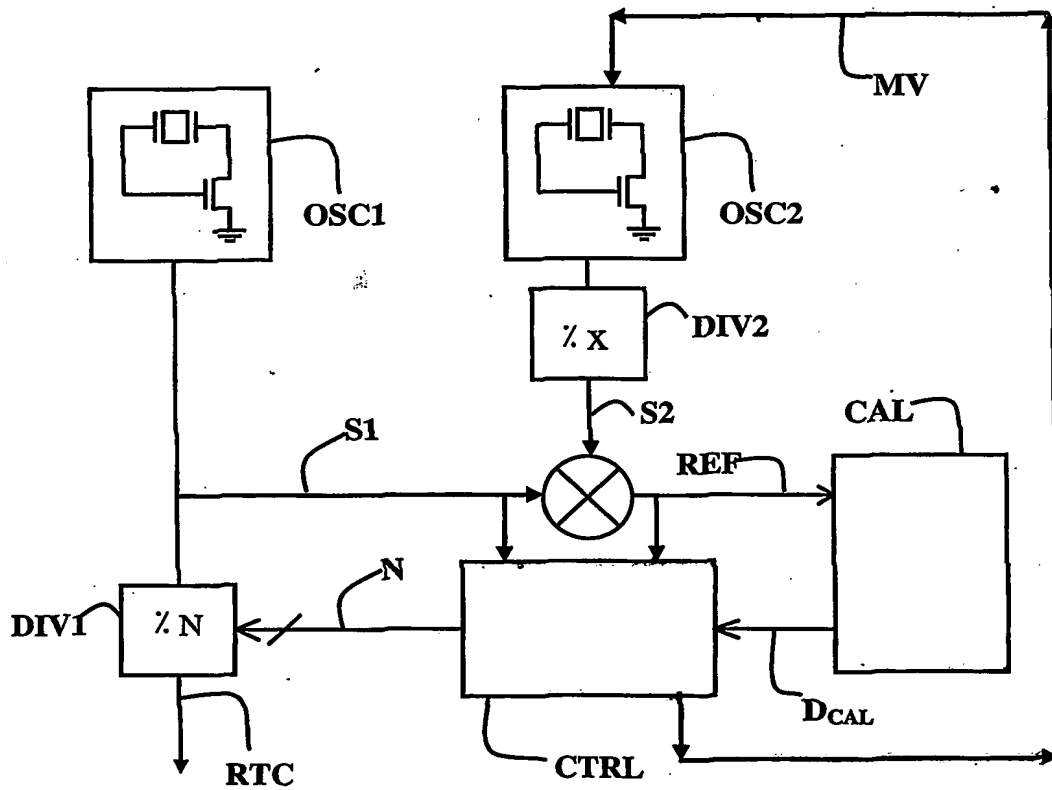


Fig. 2

2 / 2

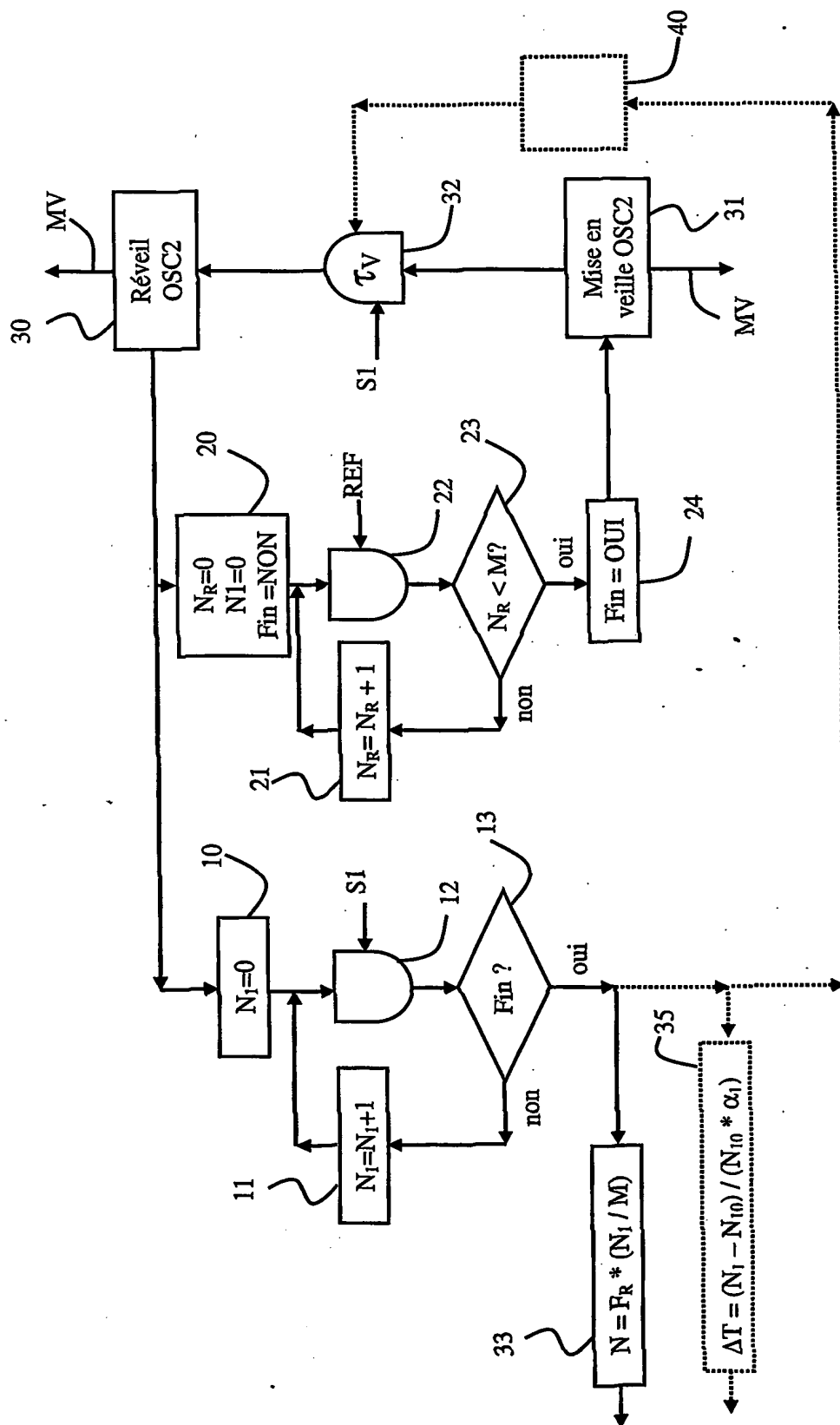


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH2004/000288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H03L1/02 G04G3/02 G04F5/04 G01K7/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H03L H03B G01K G04G G04F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 826 931 A (HAMMOND D) 30 July 1974 (1974-07-30) column 1, line 19 - line 40 column 3, line 53 - column 6, line 38 figures 1,2	1,9,12
A	BLOCH M ET AL: "Low power timekeeping" 43RD ANNUAL SYMPOSIUM ON FREQUENCY CONTROL - 1989, 31 May 1989 (1989-05-31), pages 34-36, XP010084239 the whole document	1-4,6,7, 9,11,12
A	BLOCH M ET AL: "The microcomputer compensated crystal oscillator (MCX0)" 43RD ANNUAL SYMPOSIUM ON FREQUENCY CONTROL - 1989, 31 May 1989 (1989-05-31), pages 16-19, XP010084236 the whole document	1,9,11, 12

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 July 2004

Date of mailing of the international search report

20/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Balbinot, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH2004/000288

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 165 (E-034), 15 November 1980 (1980-11-15) & JP 55 112043 A (SEIKO INSTR & ELECTRONICS LTD), 29 August 1980 (1980-08-29) abstract	1,9,12
A	LANFRANCHI D ET AL: "A MICROPROCESSOR-BASED ANALOG WRISTWATCH CHIP WITH 3 SECONDS/YEAR ACCURACY" IEEE INTERNATIONAL SOLID STATE CIRCUITS CONFERENCE, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 37, 1 February 1994 (1994-02-01), pages 92-93,317, XP000507075 ISSN: 0193-6530 cited in the application the whole document	1,9,11, 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH2004/000288

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3826931	A	30-07-1974	NONE	
JP 55112043	A	29-08-1980	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/CH2004/000288

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H03L1/02 G04G3/02 G04F5/04 G01K7/32

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H03L H03B G01K G04G G04F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 3 826 931 A (HAMMOND D) 30 juillet 1974 (1974-07-30) colonne 1, ligne 19 - ligne 40 colonne 3, ligne 53 - colonne 6, ligne 38 figures 1,2	1,9,12
A	BLOCH M ET AL: "Low power timekeeping" 43RD ANNUAL SYMPOSIUM ON FREQUENCY CONTROL - 1989, 31 mai 1989 (1989-05-31), pages 34-36, XP010084239 le document en entier	1-4,6,7, 9,11,12
A	BLOCH M ET AL: "The microcomputer compensated crystal oscillator (MCXO)" 43RD ANNUAL SYMPOSIUM ON FREQUENCY CONTROL - 1989, 31 mai 1989 (1989-05-31), pages 16-19, XP010084236 le document en entier	1,9,11, 12

-/--

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

15 juillet 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/08/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Balbinot, H

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/CH2004/000288

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 165 (E-034), 15 novembre 1980 (1980-11-15) & JP 55 112043 A (SEIKO INSTR & ELECTRONICS LTD), 29 août 1980 (1980-08-29) abrégé	1,9,12
A	LANFRANCHI D ET AL: "A MICROPROCESSOR-BASED ANALOG WRISTWATCH CHIP WITH 3 SECONDS/YEAR ACCURACY" IEEE INTERNATIONAL SOLID STATE CIRCUITS CONFERENCE, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 37, 1 février 1994 (1994-02-01), pages 92-93,317, XP000507075 ISSN: 0193-6530 cité dans la demande le document en entier	1,9,11, 12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/CH2004/000288

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3826931	A	30-07-1974	AUCUN	
JP 55112043	A	29-08-1980	AUCUN	